



บทที่ 5

อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ทางแสง

วัตถุประสงค์

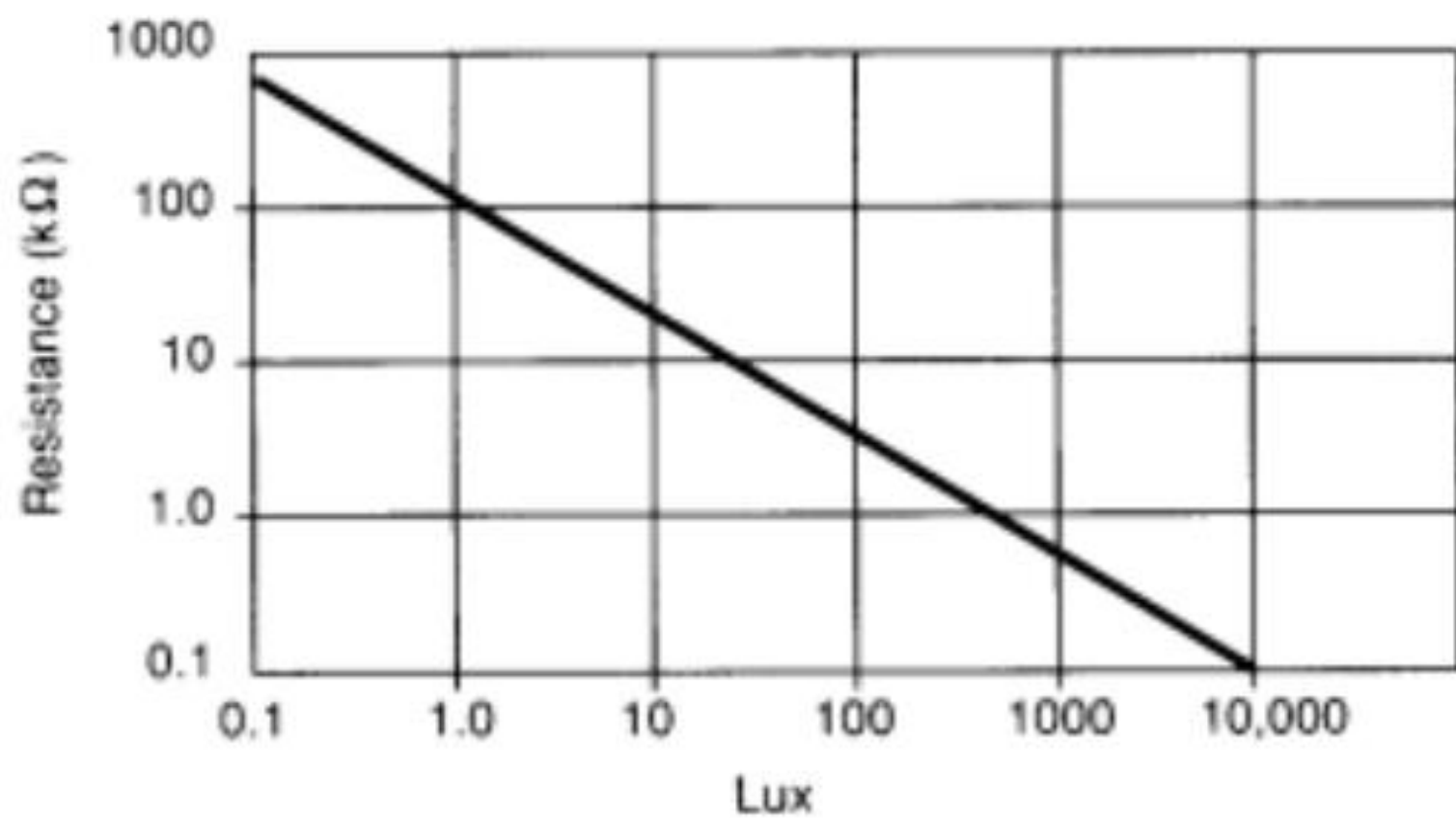
1. เข้าใจการทำงานของ แอล ดี อาร์
2. อธิบายการทำงานของ แอล อี ดี และคำนวณ ค่าความต้านทานจำกัดกระแสได้
3. อธิบายการทำงานของ โฟโตไดโอด ได้
4. อธิบายการทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์ได้

5-1 แอล ดี อาร์

แอล ดี อาร์ (LDR : Light dependent resistor) คือตัวต้านทานชนิดไวแสง หรือเรียกว่าตัวต้านทานแบบโฟโตคอนดักทีฟ (Photoconductive) โครงสร้างภายในจะ ทำด้วยสารแคดเมียมเซลิไนด์ (Cadmium Selenide) หรือใช้แคดเมียมซัลไฟด์ (Cadmium Sulfide) ใช้งานได้กับแสงที่มีความยาวคลื่นระหว่าง 400-700 nm คือย่าน แสงที่ตามนุษย์มองเห็น และเหมาะที่จะใช้งานในย่านความถี่ต่ำ เพราะความไวต่อแสง ของมันไม่ดึ้นัก ค่าความต้านทานแสงมืด (Dark resistance) ประมาณ $1\text{M}\Omega$ และค่า ความต้านทานเมื่อแสงสว่างสูงสุด ประมาณ 100Ω นิยมนำไปใช้งาน กับวงจรเซ็นเซอร์ แสง เพื่อควบคุมการเปิดปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า และเครื่องมือวัดความเข้มแสง เป็นต้น ลักษณะของ แอล ดี อาร์ แสดงในรูปที่ 5-1 และคุณสมบัติของมันแสดงในรูปที่ 5-2



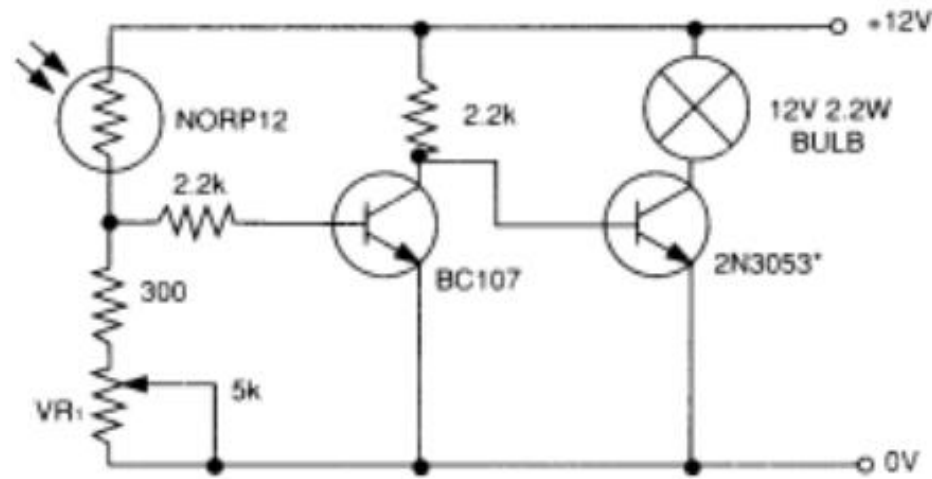
รูปที่ 5-1 LDR : Light dependent resistor



รูปที่ 5-2 LDR : Resistance(Ω) vs Illuminance(Lux)

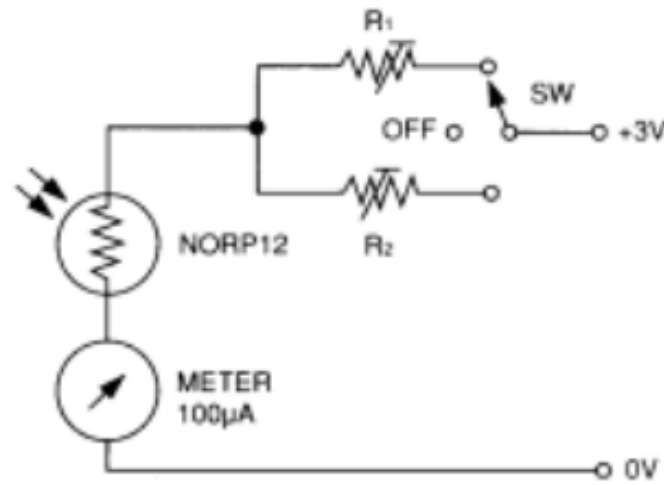
การนำ แอล ดี อาร์ ไปใช้งาน

1.วงจร Automatic Light circuit หรือวงจรเปิด-ปิด ไฟฟ้าอัตโนมัติ โดยใช้ แอล ดี อาร์ เบอร์ NORP12 เป็นตัวตรวจจับแสงสว่าง เมื่อมีแสงสว่างเพียงพอ จะทกไฟ ทรานซิสเตอร์ เบอร์ BC170 ทำงานและขับให้ ทรานซิสเตอร์กำลังเบอร์ 2N3053 ทำงานไปด้วย ผลคือทำให้หลอดไฟฟ้า 12V 2.2W ติดสว่าง ตัวต้านทานปรับค่าได้ VR1 เป็นตัวปรับความไว ของแสงสว่างที่จะทำให้หลอดไฟฟ้าทำงาน วงจรดังรูป 5-4



รูปที่ 5-4 Automatic Light circuit

2.วงจร Light Meter หรือวงจรเครื่องวัดแสงดังรูปที่ 5-5 โดยความต้านทาน $R_1=100K\Omega$, $R_2=200K\Omega$ คือตัวต้านที่เลือกย่านวัดและใช้กลีบวานอมิเตอร์ $100\ \mu A$ เป็นสเกลในการอ่านค่าความสว่างของแสง ทั้งนี้จะต้องมีการปรับแต่งเครื่องมือวัดแสงนี้ กับเครื่องมือวัดแสงมาตรฐาน เช่น ลักซ์มิเตอร์(Lux Meter) ก่อน เป็นต้น



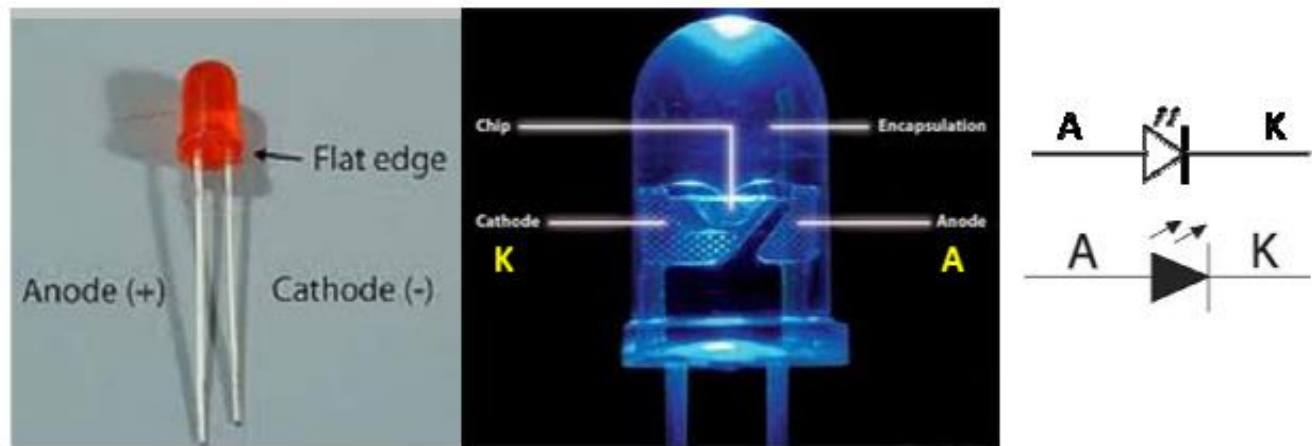
รูปที่ 5-5 Light Meter circuit



5-2 แอล อี ดี

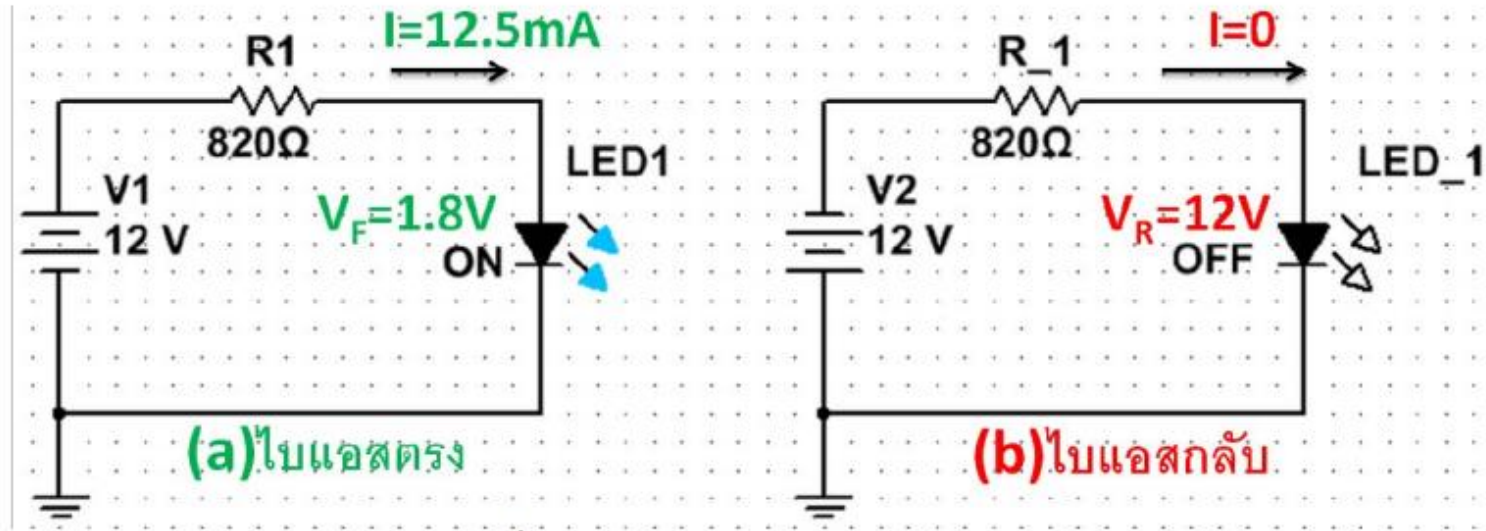
แอล อี ดี (Light emitting diodes) หรือ ไดโอดเปล่งแสง เป็นอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำที่เปล่งแสงได้เมื่อได้รับกระแสไฟฟ้า และเปล่งแสงได้หลายสีตามแต่ชนิดของสารที่ใช้ในการผลิต แอล อี ดี ความยาวคลื่นแสงจะเป็นตัวบอกสี ซึ่งหมายถึงขนาดของความยาวคลื่นที่ LED เปล่งแสงออกมา เช่น สีฟ้า จะมีความยาวคลื่น ประมาณ 468nm สีขาว จะมีความ

ยาวคลื่น ประมาณ 462nm สีเหลือง จะมีความยาวคลื่น ประมาณ 468nm สีเขียว จะมีความยาวคลื่น ประมาณ 565nm สีแดง จะมีความยาวคลื่น ประมาณ 630nm เป็นต้น



รูปที่ 5-6 โครงสร้างและสัญลักษณ์ แอล อี ดี

โครงสร้างคล้ายไดโอด แต่เปล่งแสงได้ เมื่อได้รับไบแอสตรง แอล อี ดี ประกอบไปด้วย สารกึ่งตัวนำชนิด พี และเอ็นประกบเข้าด้วยกัน มีผิวด้านหนึ่งเรียบ คล้ายกระจก เมื่อจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง ให้กับ แอล อีดี โดยจ่ายขั้วบวกเข้ากับ แอโนด(A) และขั้วลบ เข้ากับแคโทด(K) จะทำให้อิเล็กตรอนได้รับพลังงานสูงขึ้น จึงข้ามรอยต่อมารวมกับโฮล ที่สารพี เมื่อระดับพลังงานของอิเล็กตรอนเปลี่ยนแปลงจึงคายพลังงานออกมาเป็นคลื่นแสง สำหรับวงจรขับหลอด แอล อี ดี แสดงในรูปที่ 5-7



รูปที่ 5-7 วงจรขับหลอด แอล อี ดี

การคำนวณค่า ความต้านทานจำกัดกระแส

ความต้านทานจำกัดกระแส ในวงจรขับ แอล อี ดี มีความจำเป็น เพราะถ้า หากใช้ค่ามากเกินไป กระแสไฟฟ้าไหลได้น้อยหลอด แอล อี ดี จะดับ และหากมีค่าน้อยเกินไป กระแสไฟฟ้าไหลได้มากกว่าความต้องการ ทำให้หลอด แอล อี ดี อาจจะขาดได้ จากรูป 5-7(a) คือ R_1 สามารถคำนวณได้จาก ค่าพิกต์ของ แอล อี ดี เช่น แอล อี ดี สีแดง มีแรงดันตกคร่อมเมื่อนำกระแส (V_F) = 1.8V และกระแส(I_F) = 12.5mA

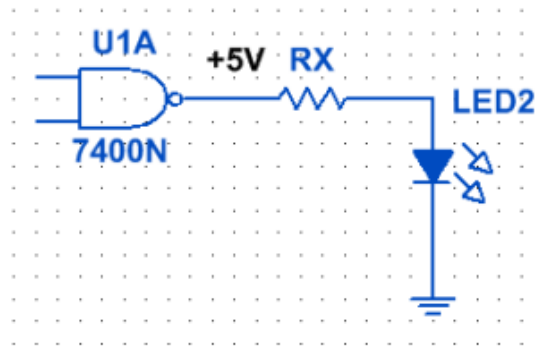
ดังนั้น

$$R_1 = \frac{V_1 - V_F}{I_F}$$

$$R_1 = \frac{12 - 1.8V}{12.5mA} = 822\Omega$$

ในทางปฏิบัติจะเลือกค่า ความต้านทานมาตรฐาน คือ $R=820\Omega$

ตัวอย่างที่ 5-1 จากวงจรต่อไปนี้ จงหาค่า R_x เมื่อ $I_F=10mA$, $V_F=2.0V$

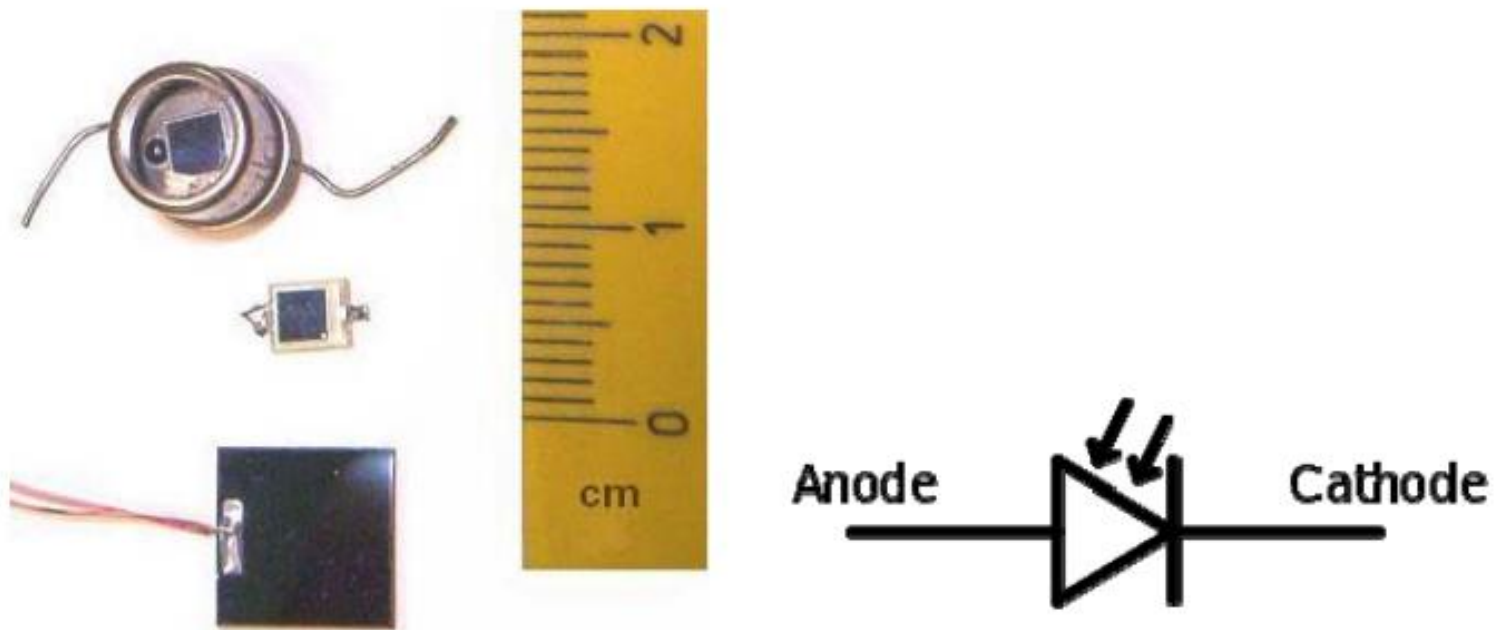


ตอบ

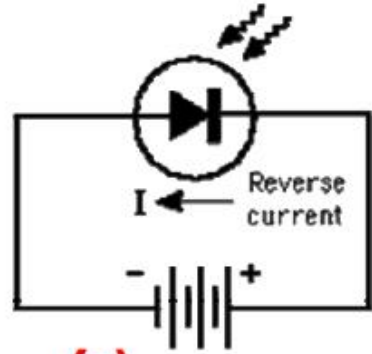
$$R_X = \frac{5 - 2.0V}{10mA} = 333\Omega$$

5.3 โฟโตไดโอด

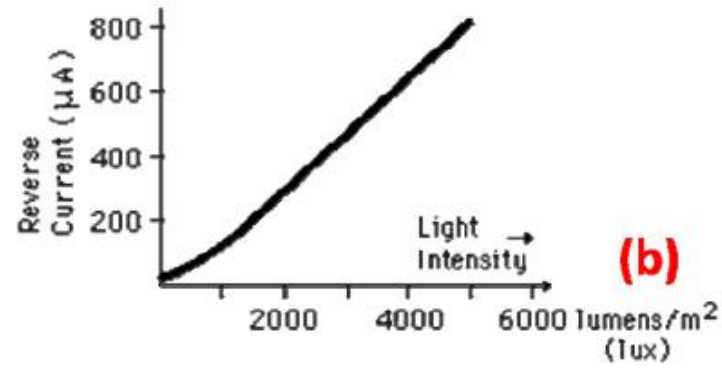
โฟโตไดโอด (Photo diodes) โฟโตไดโอด คือ สารกึ่งตัวนำสองชั้นคือ พี-เอ็น คล้ายไดโอด จะทำงานเมื่อได้รับไบแอสกลับ และเมื่อมีแสงเข้ามาตกกระทบบนที่รอยต่อ พี-เอ็น จะเปลี่ยนสัญญาณแสงให้เป็น สัญญาณไฟฟ้า เมื่อแสงตกกระทบบนอิเล็กตรอนที่ ยึดติดอยู่กับอะตอมจะหลุดออกจากวงโคจร เกิดเป็นอิเล็กตรอนอิสระ และโฮลอิสระขึ้น อิเล็กตรอน และโฮลเหล่านี้จะเคลื่อนที่เข้าไปในเขตปลอดพาหะ เกิดเป็นกระแสไฟฟ้า ย้อนกลับด้วยปริมาณที่แปรเปลี่ยน ตามความเข้มแสง เรียกว่า **กระแสโฟโต(Photo current)** โฟโตไดโอดจะมีความไวต่อแสงมากกว่า แอล ดี อาร์ ดังนั้นจึงนิยมนำไปใช้งานอย่างกว้างขวางกว่า แอล ดี อาร์ เช่น การวัดความเข้มแสง ชัตเตอร์แสง การวัดระยะทางไกลด้วยแสงอินฟราเรด การตรวจจับสัญญาณแสงที่มีความถี่สูง เป็นต้น ลักษณะและวงจร โฟโตไดโอดแสดงดังรูปที่ 5-8



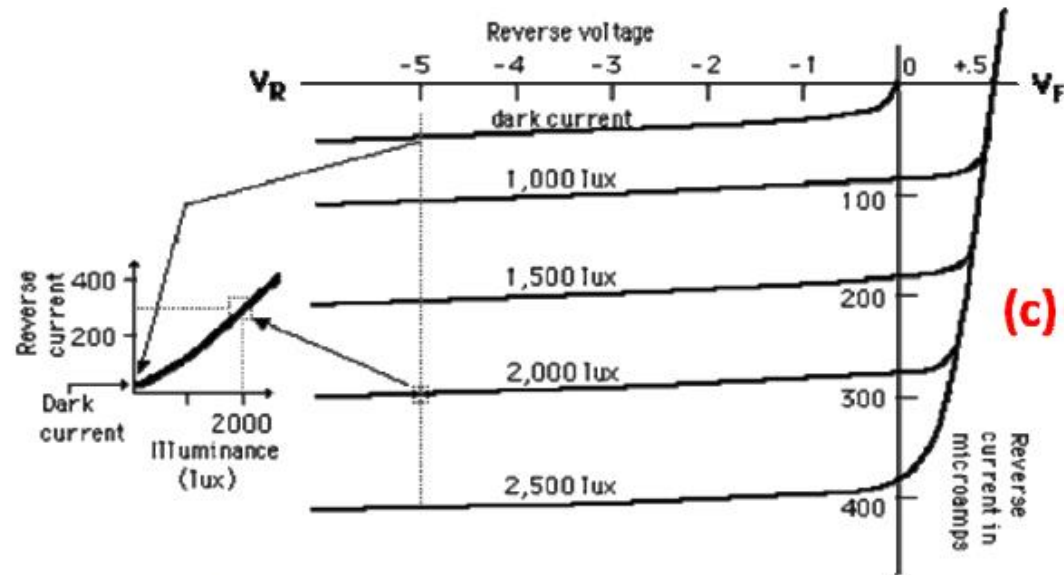
รูปที่ 5-8 โฟโตไดโอด



(a)



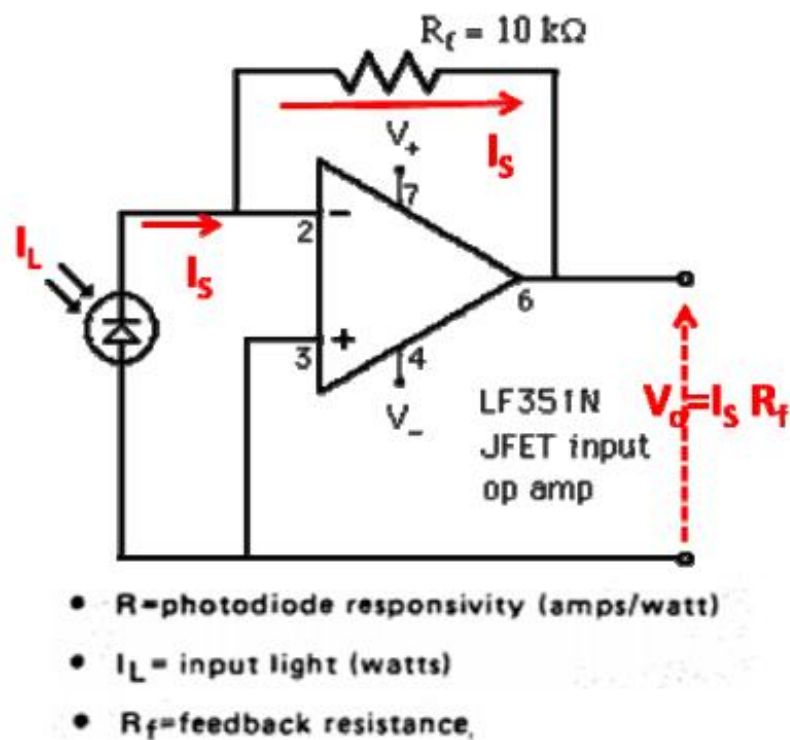
(b)



(c)

รูปที่ 5-9 V-I Characteristic ของโฟโตไดโอด

การนำ โฟโตไดโอดไปใช้งาน

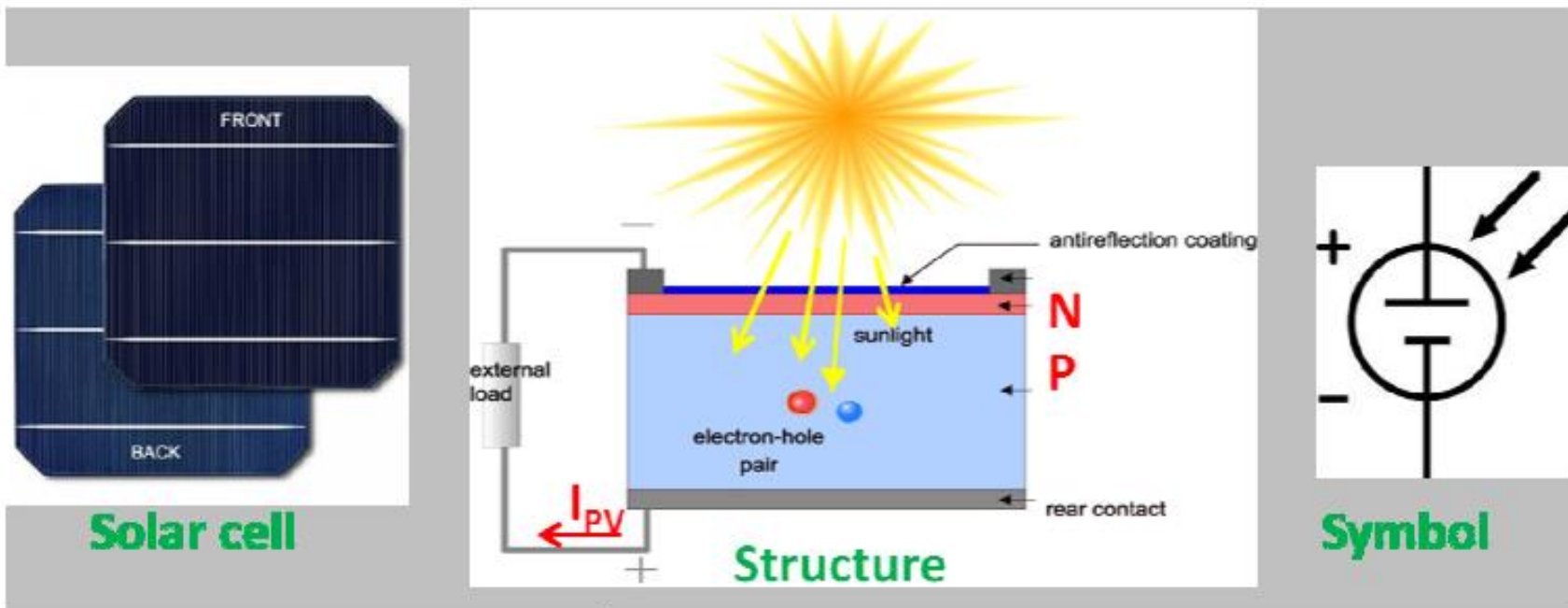


1.วงจร Photo diode Light detector circuit หรือวงจรตรวจจับความเข้มแสง โดยใช้โฟโตไดโอดทำหน้าที่เป็นตัวเซ็นเซอร์ตรวจจับแสง และต่อเข้าที่อินพุตของออปแอมป์ เพื่อขยายแรงดันเอาต์พุต โดยแรงดันเอาต์พุต จะแปรผันตรงกับค่าความเข้มแสง คือ $V_o = I_s \times R_f$ และ $I_s = R \times I_L$ ดังนั้นเมื่อ ความเข้มของแสงมีค่าสูง จะได้แรงดันเอาต์พุตสูงตามไปด้วยนั่นเอง

รูปที่ 5-10

5-4 เซลล์แสงอาทิตย์

โครงสร้าง เซลล์แสงอาทิตย์(Solar Cells) หรือ photovoltaic cell ซึ่งมาจากคำว่า **Photovoltaic** คำว่า photo หมายถึง แสง และ volt หมายถึง แรงดันไฟฟ้า เมื่อรวมคำแล้วหมายถึง กระบวนการผลิตไฟฟ้าจากการตกกระทบของแสงบนวัตถุที่มีความสามารถในการเปลี่ยนพลังงานแสงเป็นพลังงานไฟฟ้าได้โดยตรง อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ เช่น ซิลิคอน (Silicon), แกลเลียม อาร์เซไนด์ (Gallium Arsenide), อินเดียม ฟอสไฟด์ (Indium Phosphide), แคดเมียม เทลลูไรด์ (Cadmium Telluride) และ คอปเปอร์ อินเดียม ไดเซเลไนด์ (Copper Indium Diselenide) เป็นต้น ทำหน้าที่แปลงความเข้มของแสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้า เมื่อความเข้มของแสงอาทิตย์มีค่ามาก จะให้กำลังไฟฟ้ามาก นั่นเอง โครงสร้างของเซลล์แสงอาทิตย์ประกอบไปด้วย สารกึ่งตัวนำชนิด พี และเอ็น เช่นเดียวกันกับโฟโตไดโอด ที่ต่างกันคือ เซลล์แสงอาทิตย์ จ่ายไฟฟ้าออกมาได้โดยไม่ต้องใช้แรงดันไบแอสกลับป้อนให้มัน แสงอาทิตย์ เมื่อนำขั้วไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ต่อเข้ากับอุปกรณ์ไฟฟ้ากระแสตรง กระแสไฟฟ้าจะไหลเข้าสู่อุปกรณ์



รูปที่ 5-11 เซลล์แสงอาทิตย์



Single Crystalline Silicon Solar Cell



Polycrystalline Silicon Solar Cell



Amorphous Silicon Solar Cell

รูปที่ 5-12 แผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดต่างๆ

ที่มา : http://www.leonics.co.th/html/th/aboutpower/solar_knowledge.php

ประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์

ชนิดซิลิคอนผลึกเดี่ยว (Single Crystalline Silicon solar cell) มีประสิทธิภาพระหว่าง 15-20%

ชนิดซิลิคอนผลึกผสม (Polycrystalline Silicon solar cell) มีประสิทธิภาพระหว่าง 13-15%

และชนิดอะมอร์ฟัสซิลิคอน (Amorphous Silicon solar cell) มีประสิทธิภาพระหว่าง 5-8%

